

## PERDA DE CARGA EM MICROTUBOS E CONECTORES ACOPLADOS A GOTEJADORES

R. M. Pereira<sup>1</sup>, D. Sandri<sup>2</sup>, S. M. P. Camargo<sup>3</sup>, K. M. C. de França<sup>3</sup>

**RESUMO:** Estudou-se o desempenho de gotejadores acoplados em conectores de duas e quatro saídas conectados a microtubos de 20, 50, 80 e 120 cm com estaca tipo labirinto instalada na extremidade. Avaliaram-se três linhas laterais com 11 gotejadores espaçados em 1 m, onde se estimaram as perdas de carga nas pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a e também na pressão de 20 m.c.a., porém com vazão variável para comprimentos dos microtubos de 20, 50, 80 e 120 cm. A perda de carga localizada foi estimada pela diferença entre a perda de carga contínua no tubo uniforme sem conector e a perda de carga no tubo com conector. A vazão do emissor em função dos regimes de pressão e comprimentos de microtubos apresentou maior estabilidade acima de 15 m.c.a., no entanto, o aumento do número de saídas do conector reduz a vazão do emissor pela metade. Para as pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a. e as diferentes vazões sob pressão de 20 m.c.a. ajustaram-se equações que relacionaram a vazão do emissor ( $Q_g$ ) e a perda de carga na lateral ( $hf$ ) em função da vazão da lateral ( $Q_l$ ) com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,97 para conector de duas saídas e entre 0,81 e 0,99 para conector de quatro saídas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação localizada, hidráulica, desempenho de gotejadores

### HEAD LOSS IN MICROTUBES AND CONNECTORS USED IN DRIPPERS

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the performance of two-way and four-way connectors used in a dripper and connected in microtubes with 20, 50, 80 and 120 cm with stake drippers connected in their extremities. The evaluation was carried out in three replications with 11 drippers with displacement of 1 m. The evaluations aimed at presenting the head loss at variable pressure and water flow regimes (5, 15, 25 and 35 mca) and variable water flow at constant pressure regime (20 mca). The head loss was estimated by the difference between the continuous head loss in the tube without connectors and with connectors. The water flow of dripper shown better stability above 15 mca. The mean difference of head loss was higher in

<sup>1</sup> Doutorando, FAV/UnB, Brasília – Distrito Federal. Fone (62) 994021988 Email: rodrigomouracbs@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor, Professor da FAV/UnB, Brasília, Distrito Federal. Email: sandri@unb.br.

<sup>3</sup> Acadêmica de Agronomia, FAV/UnB, Brasília – Distrito Federal. Email: sarahcamargo\_@hotmail.com, kalinecfra@unb.br

four-way connector. For the two types of connectors and pressures above 15 mca, the increment of microtube length and the alteration of pressure/flow regimes did not affect the water flow. However, the water flow of emitter was reduced in 50% in the four-way connector. The application of different pressures and water flows for the constant pressure of 20 mca, resulted curves that relates the emitter water flow ( $Q_g$ ) and the head loss at the side line ( $h_f$ ) in function of the water flow in the side line with adjustments ( $R^2$ ) above 0,97 for two-way connectors and between 0,81 and 0,99 for four-way connectors.

**KEYWORDS:** Localized irrigation, hydraulic, performance emitters

## INTRODUÇÃO

O conhecimento da quantidade, limitações de uso e da disponibilidade da água são fatores determinantes para boa parte dos cultivos agrícolas. O sistema de irrigação localizada é tido como o mais eficiente por permitir o controle do volume e distribuição de água mais precisamente, além de reduzir a ocorrência de doenças da parte aérea das plantas e de possibilitar uma aplicação uniforme e localizada de fertilizantes solúveis (SENAR, 2012).

Especialmente em irrigação localizada, é de fundamental importância o conhecimento das perdas de carga pontuais, como na inserção dos gotejadores, que dependem da área que ele ocupa na tubulação e de sua forma geométrica. A inserção do gotejador pode ocorrer sobre a linha (*on-line*), na linha (*in-line*) e integrados dentro da linha os quais podem ser normais ou autorreguláveis (Bernardo et al. 2005).

O uso de microtubos associados a gotejadores não é largamente utilizado na irrigação, seja em cultivo agrícola ou ornamental. A sua utilização adequada oferece algumas vantagens, como a compensação de perda de carga em situações de aclive ou declive apenas com a variação de comprimento do microtubo (Almeida, 2008). No entanto, para que a adaptação dos microtubos em gotejadores seja eficiente é necessário que se conheçam as perdas de carga a partir da variação de vazões em função de diferentes arranjos de pressões de serviço e comprimentos de microtubos. Tais informações são fundamentais para que se alcance mais segurança na elaboração de projetos e no manejo de irrigação.

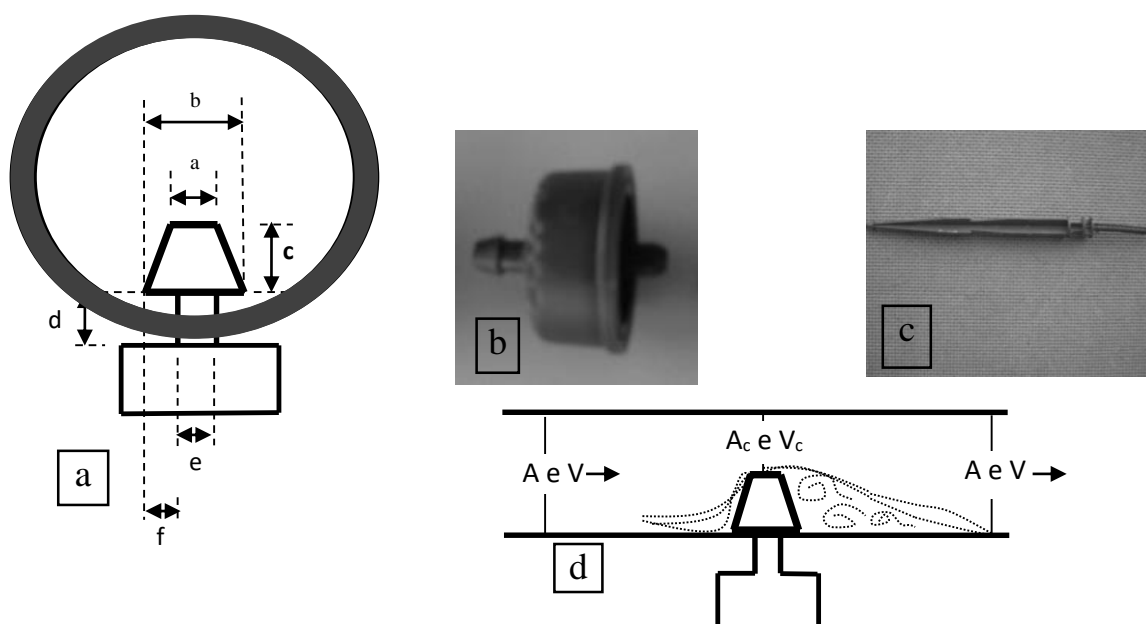
Segundo Gomes et al. (2010) os fabricantes disponibilizam ao mercado diversos modelos de emissores/conectores, que em geral, não apresentam as características relacionadas às dimensões e a perda de carga localizada provocada por eles no escoamento através da tubulação. A determinação das perdas de carga localizadas é mais complexa de se obter, além

de apresentar variações significativas entre os modelos disponíveis no mercado. Alguns fatores associados a essas perdas são a qualidade no acabamento (atrato), variação de fabricação, área que o emissor ocupa na tubulação, sua forma geométrica, dentre outros (Cardoso & Frizzone, 2007; Rettore Neto et al. 2009)

Assim, o objetivo deste estudo foi o de avaliar a perda de carga contínua no tubo e localizada nos emissores com conectores de duas e quatro saídas acoplados a microtubos com estaca labirinto em sua extremidade. Para tal avaliação variou-se o comprimento dos microtubos, pressão de serviço e vazão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, no período de agosto de 2013 a julho de 2014. O modelo de gotejador utilizado foi o Supertif ND (ND: antidrenagem) de cor “negro”, pressão de operação de 5 a 35 m.c.a. e vazão nominal de  $3,8 \text{ L h}^{-1}$ , instalado diretamente sobre tubo de polietileno de 16 mm de diâmetro externo e 13,75 mm de diâmetro interno e na extremidade final de cada microtubo foi instalada uma estaca modelo Drippeg (Figura 1c), marca John Deere Water S.A.<sup>(1)</sup>. As dimensões geométricas do gotejador ou emissor são apresentadas na Figura 1a com sua imagem na Figura 1b. As dimensões do gotejador (Figura 1a) foram obtidas em 10 (dez) amostras com o auxílio de uma lupa LEICA<sup>(1)</sup> modelo EZ4D, onde obteve-se as seguintes medidas:  $a = 3,57 \text{ mm}$ ;  $b = 5,31 \text{ mm}$ ;  $c = 3,64 \text{ mm}$ ;  $d = 3,44 \text{ mm}$ ;  $e = 3,93 \text{ mm}$  e  $f = 0,61 \text{ mm}$  (Figura 1a).



**Figura 1.** Caracterização das dimensões de parte da profusão do emissor no tubo (a), gotejador *on line* Supertif ND/negro (b), estaca Drippeg (c) e esquema da contração ou obstrução com a expansão do fluxo na profusão do emissor (d). <sup>(1)</sup> Uso de produtos ou marcas registradas tem a finalidade exclusiva de facilitar a compreensão.

A Figura 1d apresenta um típico modelo de contração após a seção de constrição ( $A_c$ ), obtida por  $A_c = rA$ , onde  $r$  é a razão de obstrução,  $A$  é a área da seção de passagem do fluido e  $A_c$  representa a área de passagem do fluido pela tubulação com emissor inserido. Da mesma forma,  $V_c$  e  $V$  representam as velocidades em cada seção. De posse desses dados, calcula-se o índice de obstrução (IO):

$$IO = \left(\frac{A}{A_c} - 1\right)^2 = \left(\frac{1-r}{r}\right)^2 \quad (1)$$

Seguindo as equações propostas por Azevedo Netto et al. (1998), Neves (1986) e Porto (1999) obteve-se a vazão na linha lateral e emissores (Equação 2) e a perda de carga na linha lateral (Equação 3):

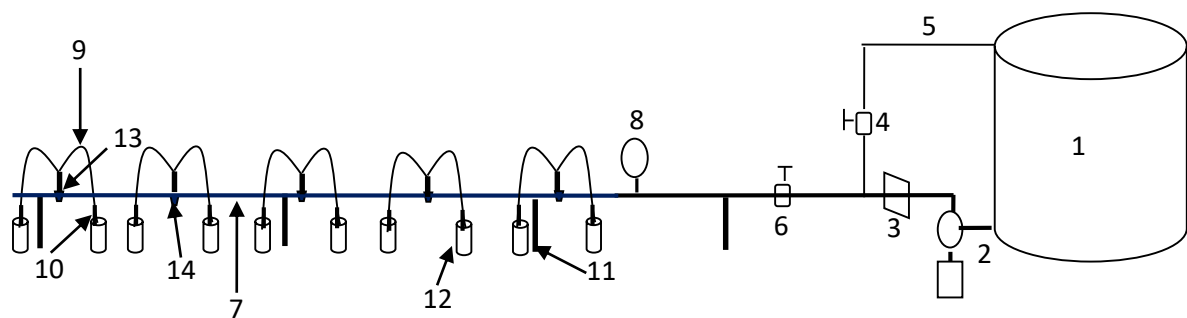
$$Q = V \cdot A \quad (2)$$

em que,  $Q$ : vazão,  $m^3 s^{-1}$ ;  $V$ : velocidade média da água,  $m s^{-1}$ ;  $A$ : Área do tubo em  $m^2$  ( $A = (\pi \cdot D^2)/4$ ,  $D$ : diâmetro do tubo,  $m$ ).

$$hf_e = \frac{hf_{cg} - hf_{sg}}{N} \quad (3)$$

em que,  $hf_{sg}$  = perda de carga no tubo (m);  $hf_{cg}$  = perda de carga no tubo com emissor (m)  $N$  = número de conectores no tubo.

No módulo de ensaio (Figura 2) utilizaram-se segmentos de tubo de polietileno de 11 m de comprimento com tomadas de pressão nas extremidades. Os comprimentos de microtubos avaliados em cada gotejador foram de 20, 50, 80 e 120 cm. Para a determinação da vazão no microtubo foram dispostos sob cada gotejador do tipo estaca um coletor de vazão.



**Figura 1.** Croqui do módulo experimental para a determinação da vazão para diferentes conectores e comprimento de microtubos com detalhes para conector de duas saídas.

**Legenda**

- 1 – Reservatório de 1000 L
- 2 - Motobomba
- 3 – Filtro de disco
- 4 e 6 – Registros de gaveta

- 5 – Bay pass
- 7 – Tubo de polietileno
- 8 – Manômetro digital
- 9 – Microtubo de duas saídas

- 10 – Estaca drippeg para microtubo de 3/5
- 11 – Cavaletes
- 12 – Coletores de vazão dos gotejadores
- 13 – Conector com 2 e 4 saídas p/ microtubo
- 14 – Gotejador Supertif ND 3,8 L h<sup>-1</sup> (Negro)

As pressões de serviço utilizadas foram de 5,0; 15,0; 25,0 e 35,0 m.c.a., com três repetições, obtendo-se a perda de carga correspondente e a vazão resultante para cada pressão. A temperatura média da água durante o ensaio foi de 20 °C. No ensaio de pressão constante (20 m.c.a.) e vazão variável ajustou-se a vazão inicial de forma que a pressão com o registro de retorno parcialmente aberto resultasse numa pressão final de 35 m.c.a., mantendo o registro de entrada da lateral totalmente aberto para este ajuste, então, o registro de retorno não foi mais movimentado, apenas o registro de controle de entrada na linha lateral, iniciando-se na pressão menor. Determinou-se a perda de carga distribuída no tubo de polietileno com e sem emissores por meio de um manômetro diferencial em “U”, contendo líquido manométrico de densidade  $13,6 \text{ g cm}^{-3}$  e escala de 1,0 mm de Hg.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de obstrução, geralmente utilizado para estimar o coeficiente de carga cinética, e assim a perda de carga em gotejadores apresentou o valor de 0,015, o que resultaria em menores valores de coeficiente de carga cinética, assim como encontrado por Gomes et al. (2010) em gotejador semelhante ao utilizado neste estudo.

Os resultados apresentaram variações de vazões tanto para os conectores de duas saídas quanto para os de quatro saídas nas condições de variação de pressão e de pressão constante com vazão variável (Tabela 1 e Tabela 2), de modo que para o conector de duas saídas, as vazões médias entre os microtubos apresentam valores próximos a  $1,25 \text{ L h}^{-1}$  a 5 m.c.a. e valores semelhantes ( $\approx 1,9 \text{ L h}^{-1}$ ) quando se aplicam pressões acima de 15 m.c.a. No conector de quatro saídas as vazões apresentaram variações de até 35% entre os microtubos de um mesmo conector. Este resultado indica que como cada microtubo atenderá um ponto de aplicação de água, têm-se como consequência algumas plantas recebendo mais água do que outras.

Em todas as condições avaliadas, houve tendência de maiores vazões em um lado do conector de duas e de quatro saídas, possivelmente devido a criação de um fluxo preferencial, porém, não sendo possível confirmação do ponto de vista hidráulico, apenas hipótese de que a posição da parte do gotejador interna ao tubo de polietileno (intrusão) não estava localizada exatamente no centro do tubo.

Para o conector de duas saídas com variação de pressão (Tabela 1), a menor vazão observada no emissor foi de  $1,22 \text{ L h}^{-1}$  na condição de pressão de serviço de 5 m.c.a. e comprimento de microtubo de 120 cm com  $H_f = 0,3 \text{ m}$ . Nessa avaliação a maior vazão observada foi no microtubo de 20 cm com pressão de serviço de 35 m.c.a. e  $h_f = 1,06 \text{ m}$ .

Considerando o mesmo comprimento de microtubo sob diferentes pressões de serviço, observou-se que o microtubo de 120 cm apresentou a maior variação entre as vazões com o valor de 13,2%, seguido pelo microtubo de 20 cm (11,4%) e o de 80 cm (11,3%). O microtubo de 50 cm apresentou a menor variação entre as vazões (10,5%), indicando maior uniformidade de aplicação da água em diferentes pressões de serviço.

Ao se avaliar as perdas de carga na condição de pressão constante e vazões variáveis no tubo de polietileno (Tabela 2), observa-se aumentos substanciais de perda de carga com o aumento médio de 50% da vazão na linha lateral, para todos os comprimentos de microtubos. O maior aumento de perda de carga associado ao aumento de vazão na linha lateral foi observado no microtubo de 120 cm, que com o aumento da vazão na linha de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  para  $1,43 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  resultou em um aumento de 8,12 m no valor de hf. Para os demais comprimentos de microtubos, a amplitude de hf, apresentou os seguintes valores: 20 cm (hf = 8,04 m); 50 cm (hf = 7,84 m) e 80 cm (hf = 8,01). Ainda, é possível afirmar que nos conectores de duas saídas, para vazões na linha lateral abaixo de  $0,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  as perdas de carga estabilizam-se em valores abaixo de 1 m para todos os comprimentos de microtubos avaliados.

Destaca-se a alta variabilidade de hf no tubo de polietileno, tanto para as condições de pressão variável quanto à pressão constante, tal resultado é corroborado por Melo et al (2000), o qual afirmam que as perdas de carga localizadas, devido à inserção de conectores na linha lateral são relativamente altas, podendo levar a um desequilíbrio hidráulico do sistema e, conseqüentemente, a uma queda acentuada na uniformidade de distribuição de água por parte dos emissores, o que mostra-se razoável, em se tratando de um ensaio que envolveu 11 gotejadores adaptados a conectores com diferentes números de saídas, algo incomum ao que se têm no mercado de irrigação localizada.

Em relação ao conector de quatro saídas as avaliações que consideram pressão variável (Tabela 1) e vazão variável sob pressão constante (Tabela 2) mostram que o aumento no número de microtubos além de apresentarem variação de vazões entre os emissores, também reduzem praticamente pela metade a vazão, quando comparados aos conectores de duas saídas. Na condição de pressão constante (Tabela 2), o aumento de hf nos microtubos é, em geral, maior no conector de quatro saídas em relação aos conectores de duas saídas.

As Tabelas 3 e 4 mostram as equações polinomiais que ajustam a vazão média e a perda de carga do emissor em relação as vazões da linha lateral sob diferentes pressões de serviço em conectores de duas e quatro saídas. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mostram os melhores ajustes para os conectores de duas saídas em todos os comprimentos de microtubos avaliados. Tal resultado pode ser devido a variabilidade causada pela adaptação dos conectores aos

gotejadores, que ao contrário do que comumente se avalia em estudos de perda de carga em gotejadores, têm-se um conjunto mais complexo, que além de envolver os gotejadores on-line, há também os diferentes conectores e comprimentos de microtubos, conectados a uma estaca gotejadora em cada uma de suas extremidades.

## CONCLUSÕES

A operação em baixa pressão de serviço (5 m.c.a) apresenta as menores vazões em todos os comprimentos de microtubos avaliados, entretanto, ao se utilizar conectores de duas saídas e pressões de serviço acima de 15 m.c.a as vazões apresentam-se estáveis. A perda de carga aumenta consideravelmente com o aumento de duas para quatro saídas nos conectores acoplados aos gotejadores além de reduzir praticamente pela metade a vazão em cada gotejador do tipo estaca na extremidade do microtubo. Na condição de pressão constante na entrada do sistema com variação de vazão nas linhas laterais, observa-se que mesmo com o aumento das vazões e das perdas de carga na linha, as vazões dos emissores apresentam baixa variabilidade. Ao se utilizar conectores em gotejadores deve-se avaliar a uniformidade de aplicação, uma vez que se constatou a existência de variação de vazão entre as saídas de cada conector e entre emissores na linha.

**Tabela 1.** Vazão média na lateral ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) no emissor ( $\text{L h}^{-1}$ ), desvio padrão ( $\text{L h}^{-1}$ ) e perda de carga hf, em função das pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a. e comprimento do microtubo de 20, 50, 80 e 120 cm, para conector de duas/quatro saídas.

Pressões (m.c.a.)	5	15	25	35	5	15	25	35
Comp. Microtubo	20 cm				50 cm			
hf (m)	0,33/0,35	0,68/0,38	0,91/0,38	1,06/0,40	0,35/0,96	0,58/2,77	0,81/4,36	1,07/5,04
Vazões ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )	0,11/0,11	0,24/0,12	0,31/0,16	0,38/0,19	0,09/0,33	0,20/0,68	0,27/0,89	0,33/1,00
Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ )	1,30/0,78	1,91/0,99	1,97/1,09	2,03/1,04	1,24/0,83	1,81/0,99	1,88/1,03	1,95/1,00
DesvPad ( $\text{L h}^{-1}$ )	0,06/0,03	0,05/0,02	0,04/0,02	0,06/0,04	0,07/0,04	0,07/0,04	0,08/0,04	0,07/0,03
Comp. Microtubo	80 cm				120 cm			
hf (m)	0,28/1,97	0,45/6,05	0,55/10,84	0,68/13,36	0,30/2,14	0,40/6,55	0,48/11,16	0,58/12,73
Vazões ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )	0,08/0,54	0,188/1,10	0,254/1,57	0,30/2,57	0,06/0,03	0,15/0,09	0,21/0,09	0,24/0,09
Média ( $\text{L h}^{-1}$ )	1,25/0,76	1,83/0,99	1,91/1,01	1,99/1,01	1,22/0,83	1,91/0,99	1,92/0,99	2,00/1,00
DesvPad ( $\text{L h}^{-1}$ )	0,04/0,11	0,05/0,03	0,03/0,02	0,06/0,03	0,06/0,08	0,05/0,02	0,04/0,01	0,04/0,02

**Tabela 2.** Vazão média na lateral ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) no emissor ( $\text{L h}^{-1}$ ), desvio padrão ( $\text{L h}^{-1}$ ) e perda de carga hf, em função das diferentes vazões e comprimento do microtubo de 20, 50, 80 e 120 cm na pressão constante de 20 m.c.a, para conector de duas/quatro saídas.

Comp. Microtubo	20 cm				50 cm			
hf (m)	0,30/0,25	1,44/2,77	4,33/5,75	8,34/8,44	0,35/1,26	1,99/3,28	5,90/5,67	8,19/8,32
Vazões ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )	0,10/0,12	0,47/0,68	0,93/1,08	1,35/1,38	0,13/0,44	0,55/0,83	1,12/0,97	1,36/1,33
Média ( $\text{L h}^{-1}$ )	1,94/1,01	1,91/0,99	1,93/0,99	1,90/1,04	1,94/0,97	1,89/0,98	1,88/1,01	1,86/1,02
DesvPad ( $\text{L h}^{-1}$ )	0,04/0,04	0,05/0,02	0,07/0,02	0,05/0,02	0,06/0,03	0,06/0,02	0,05/0,06	0,03/0,04
Comp. Microtubo	80 cm				120 cm			
hf (m)	0,48/0,30	0,86/3,96	3,70/7,46	8,49/9,32	0,25/0,96	1,23/1,59	3,98/4,96	8,37/8,57
Vazões ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )	0,15/0,11	0,31/0,85	0,85/1,27	1,36/1,48	0,10/0,02	0,43/0,50	0,90/1,01	1,43/1,38
Média ( $\text{L h}^{-1}$ )	1,90/0,99	1,85/0,98	1,90/0,99	1,91/0,99	1,87/0,97	1,87/1,00	1,86/1,00	1,85/1,01
DesvPad ( $\text{L h}^{-1}$ )	0,03/0,01	0,04/0,02	0,03/0,02	0,05/0,02	0,04/0,02	0,05/0,03	0,05/0,02	0,04/0,01

**Tabela 3.** Vazão média do emissor ( $Q_g$ ) considerando os dois microtubos de cada gotejador e dos onze emissores na lateral em função da vazão da lateral que correspondem as pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a., respectivamente das menores para as maiores vazões, equação de regressão e coeficiente de determinação; Perda de carga na lateral ( $h_f$ ) em função da vazão da lateral que correspondem as pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a., respectivamente das menores para as maiores vazões para os diferentes comprimentos do microtubo em conectores de duas saídas.

Comprimento do microtubo	Equações	R2
20	$Q_g = -14,593Q_l^2 + 0,97696Q_l + 0,3803$	0,9917
50	$Q_e = -15,013Q_l^2 + 9,3069Q_l + 0,4957$	0,9924
80	$Q_e = -18,649Q_l^2 + 10,6464Q_l + 0,4576$	0,9876
120	$Q_e = -29,905Q_l^2 + 13,6651Q_l + 0,4447$	0,9755
20	$h_f = -2,1578Q_l^2 + 3,9879Q_l - 0,1484$	0,9998
50	$h_f = 9,1637Q_l^2 - 0,8705Q_l + 0,3545$	0,9990
80	$h_f = 1,6426Q_l^2 + 1,1983Q_l + 0,1597$	0,9951
120	$h_f = 5,2849Q_l^2 - 0,1898Q_l + 0,2927$	0,9933

**Tabela 4.** Vazão média do emissor ( $Q_g$ ) considerando os quatro microtubos de cada gotejador e dos onze emissores na lateral em função da vazão da lateral que correspondem as pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a., respectivamente das menores para as maiores vazões, equação de regressão e coeficiente de determinação; Perda de carga na lateral ( $h_f$ ) em função da vazão da lateral que correspondem as pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a., respectivamente das menores para as maiores vazões para os diferentes comprimentos do microtubo em conectores de quatro saídas.

Comprimento do microtubo	Equações	R2
20	$Q_g = -106,004Q_l^2 + 34,4757Q_l - 1,6946$	0,8665
50	$Q_g = -0,4943Q_l^2 + 0,8947Q_l + 0,6062$	0,9962
80	$Q_g = -0,1430Q_l^2 + 0,5590Q_l + 0,5110$	0,9441
120	$Q_g = -1,4273Q_l^2 + 2,9563Q_l + 0,7331$	0,9993
20	$h_f = -55,5385Q_l^3 - 157,7396Q_l^2 - 147,9633Q_l + 46,1471$	0,999
50	$h_f = 2,5761Q_l^2 + 2,7141Q_l - 0,2494$	0,9986
80	$h_f = -2,4009Q_l^2 + 13,3091Q_l - 4,8796$	0,9827
120	$h_f = 24306,502 Q_l^2 - 2858,6149Q_l - 68,1833$	0,8452

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. D. G. C. Microaspersor com microtubos: um novo conceito hidráulico na irrigação localizada. Piracicaba, 2008, 104p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. Manual de hidráulica. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 7. ed. Viçosa: UFV, Editora UFV, 2005, 611p.
- CARDOSO, G. G. G.; FRIZZONE, J. A. Perda de carga em linhas laterais de microirrigação. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, Campinas, v.1, n.2, p.147-162, 2007.
- GOMES, A. W. A.; FRIZZONE, J. A.; NETO, O. R.; MIRANDA, J. H. Perda de carga localizada em gotejadores integrados em tubos de polietileno. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.435-446, 2010.
- MELO, J. V.; SILVA, E. L.; FARIA, M. A. Perda de carga em conectores utilizados em sistemas de irrigação localizada. Ciência Agrotécnica, Lavras, v. 24, (Edição especial), p. 205 – 214, 2000.



NEVES, E. T. Curso de hidráulica. Porto Alegre: Globo, 8ª ed., 1986. 577p.

PORTO, R. M. Hidráulica básica. São Carlos: EESC-USP, 2ª ed. 1999. 519p.

RETTORE NETO, O.; FRIZZONE, J. A.; MIRANDA, J. H.; BOTREL, T.A. Perda de carga localizadas em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p.28-39, 2009.

**SENAR**, 2012. Hortaliças: Cultivo de hortaliças, raízes, tubérculos, rizomas e bulbos. Brasília, p. 23 e 25; Coleção SENAR 149. Disponível em: [http://www.senar.org.br/sites/default/files/cartilhasenar\\_149\\_-\\_hortalicas\\_raizes.pdf](http://www.senar.org.br/sites/default/files/cartilhasenar_149_-_hortalicas_raizes.pdf). Acesso em: 25/07/2014.